

Самойлов О. Б.

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

Аграрний сектор є одним з найстабільніших та найперспективніших складових економіки України. Сталий розвиток аграрного сектору неможливий без впровадження новітніх технологій у традиційні методи ведення сільського господарства. Однією з таких технологій, разом з покращенням технологічного парку та рекультивацією пахотних земель, є дистанційне зондування землі. Базуючись на унікальних, відмінних від інших об'єктів на земній поверхні спектральних характеристиках, ефективно визначати як саму рослинну культуру, так і її кількість та фізико-хімічних стан(стан «здоров'я») [8].

Багато інших проектів, що висвітлюють проблему моніторингу сільськогосподарських культур, поділяється на дві групи:

1) роботи, які побудовані виключно на лінійній залежності вегетаційного індексу від врожайності, без урахування сторонніх факторів. Точність таких робіт є низькою.

2) роботи, які побудовані на низці агрометеорологічних даних, які враховуються протягом усього року вегетації. Цей спосіб є більш точним, проте неефективним з комерційної точки зору- реалізація потребує оперативної інформації з поля, а це додаткові людські, технічні, часові затрати.

Наприклад, у роботі В.М. Брискіна «Прогнозирование урожайности зерновых культур на основе данных дистанционного зондирования и моделирования биопродуктивности»[4] використовується модель біопродуктивності ЕРІС, яка вимагає дані вологості верхнього шару ґрунту, температуру приземного шару повітря, кількість сумарної сонячної радіації, середня швидкість вітру, та використання моделі радіаційного режиму. Ці дані можливо отримати тільки від наземних апаратів, що істотно знижує їх радіус охоплення. Отже, для роботи цієї системи додатково треба закупати і встановлювати значну кількість агрокліматичних пристроїв. Відсутність хоча б одного з цих показників унеможливує прогнозування, а нечіткість даних через помилку у розрахунках або технічну помилку істотно погіршує прогноз. [3]

Відповідно до реалій ринку запропоновано метод моніторингу, який потребує тільки дані, які можна відобразити з космічного знімка, проте враховував певну кількість факторів з зовнішнього середовища, які впливають на врожайність. Згідно фенологічних особливостей культурних рослин та технології їх вирощування, було виділено три періоди моніторингу, кожний із яких має своє цілі.

Передвегетаційний період

Застосовується на початку моніторингу, через відсутність самої рослинності має організаційних, підготовчий характер.

Вже на першому етапі використовується індекс *NDVI*(Normalized Differentiated Vegetation Index)

$$NDVI=(NIR-R)/(NIR+R)$$

де, NIR – ближня інфрачервона зона спектру, R – червона зона видимого спектру;

За допомогою індексу *NDVI* перевіряється стан поля[2]:

- моніторинг робіт з підготовки поля, перевірка термінів роботи;
- чистота, відсутність сорнякової рослинності– необхідні для належного засівання території, відсутності парів на ній;

- перевірка площі посіву : співставлення карти поля, де точно окреслені кордони засівання, з реальною площею посіву. Через недоліку у технології засівання, техніці, людську неуважність різниці може ставати близько 1-3 % , найчастіше у бік зменшення.

Перевірка проводиться за наступною формулою:

$$F = S \text{ фактична} / S \text{ теоретична} * 100 \%$$

де, S фактична – площа, яка дійсно засіяна культурою , S теоретична - площа, яка має бути засіяна, F – коефіцієнт різниці площ.

Вегетаційний період

Перед безпосереднім моніторингом загальну площу поля доцільно поділити (умовно, на знімку) на 9 квадрантів. Таким чином, недозрівання культурної рослини, сорнякова рослинність, відсутність рослинності будуть краще проявлятися у статистиці також і результат їх усунення чи його відсутність.

Основною задачею даного етапу є вирахування *NDVI* на кожен місяць на територію поля. З растрового зображення виводяться статистичні дані за кожним квадрантом у індексному відношенні: середня кількість біомаси , максимальна /мінімальна кількість біомаси, кількість пікселів, на якій кількість біомаси є меншою за мінімальний поріг.

Мінімальний поріг біомаси (у індексному відношенні) – значення індексу *NDVI*, при якому можна точно стверджувати про недорозвиненість рослинності. Значення змінюється кожного місяці. Встановлюється емпірично як середнє значення усіх пікселів хворої рослинності за період базового року.

Для виявлення рослинності з незадовільним фізико-хімічним станом використовуються індекс поглинання сонячного світла(Light Use Efficiency) [5,8].

$$LUE = \frac{P_{800} - P_{445}}{P_{800} - P_{680}}$$

де, P_x – довжина хвилі;

Використання саме цього вегетаційного індексу зумовлене невимогливістю до даних – він вираховується на основі звичайного мультиспектрального знімку і не потребує точних гіперспектральних даних. Принцип індексу базується на тому, що нормально поглинати для фотосинтезу сонячну радіацію може тільки здорова рослина.

Неефективність використання індексу *NDVI* пояснюється тим, що малі значення індексу не завжди свідчать про слабо розвинену рослинність, може зображуватися просто мала кількість здорової рослинності. Також за умов розрідженою рослинності (менше 30 % проективного покриття) не можна стверджувати про об'єктивність індексу *NDVI*[8,6].

Період прогнозування врожайності

Заключним і найважливішим етапом моніторингу є прогнозування врожайності за даними залежності середніх значень *NDVI* від відомої врожайності за базовий рік.

Метод базового(аналогового) року базується на твердженні про те, що кожного року на врожайність впливають одні і ті ж фактори і кількість їх є відносно невеликою: кількість здорової біомаси, кількість недорозвиненої біомаси , вологість верхнього шару ґрунту, площа поля [2,3]. Маючи інформацію про кожний з цих факторів у числовому еквіваленті за один повний період вегетації(базовий рік), можна співвіднести його з відомою кількістю врожайності. У поточному році вираховуються аналогічні дані. На основі різниці між поточним і базовим роком виводиться коефіцієнт різниці між ними та робиться прогноз у бік зменшення або збільшення відповідно до базового року[2].

Формувати прогноз можна за даними індексу кожного місяця за формулою:

$$\frac{\sum NDVI}{\sum raster} * x = Yield$$

де, $\sum NDVI$ – сума значень індексу, $\sum raster$ – кількість чарунок, Yield – врожай

Знаючи коефіцієнт x (відношення середнього значення $NDVI$ до врожайності) , можна для кожного знімку рахувати врожайність, яка буде збільшуватися пропорційно до кількості фотосинтезуючої біомаси відповідно. [1]

Остаточна формула враховує фактори, які можуть змінити цю лінійну залежність, неможливу в умовах природної ентропії

$$\left(\frac{\sum NDVI}{\sum raster} * x\right) * m = Yield * f$$

Де, m – опади, мм; f - коефіцієнт різниці площ;

Зволоження вираховується за допомогою індексу $NDWI$ (Normalized Differentiated Water Index). [8,9]

$$NDWI = (G - NIR) / (G + NIR)$$

де , G – зелена зона спектру, NIR – ближня інфрачервона зона спектру;

Сутність індексу полягає у контрасті між поглинальною здатністю води та відбивною здатністю здорової рослинності. Зволоження враховуються за увесь період аналогового року, порівнюються з даними поточного, виводиться коефіцієнт за формулою:

$$m = \frac{m_{ан.року}}{m_{пот.року}} * 100 \%$$

Враховується лише загальна тенденція до збільшення кількості біомаси зі збільшенням кількості опадів. Хімічний склад опадів, їх форма, інтенсивність і частота до уваги не беруться. При цьому алгоритм не враховує ситуативні агрокліматичні явища(град, шквальний вітер, посуха тощо) , які несуть значну шкоду рослинності.

Цей алгоритм матиме сенс у якості окремого модуля (у програмних продуктах ArcGis або Qgis) чи програми , який би автоматично обробляв низку космічних знімків за цим алгоритмом, а потім виводів кінцеві результати у табличному чи графічному вигляді.

Відсутність сильної конкуренції на аграрному ринку України і ближньому зарубіжжі та затребування технологій, які би збільшили прибуток агрофірм роблять цей проект перспективним. З точки зору основним елементів бізнес-моделі, використання роботи можна описати 4 головними аспектами[7]:

1. Споживач. Маленькі і середні агрофірми та агрогосподарства, які зацікавлені у ефективності і простоті продукту за невеликі гроші. Споживач додаткової техніки не потребуватиме, а більшість роботи можна провести у дистанційному режимі.

2. Продукт. Алгоритм роботи є відносно простим, а його реалізацію можна провести у безкоштовних ГІС-програмах відкритого доступу(наприклад, Qgis). Більшість інформації можна представити наглядно і графічно, тобто уся інформація стає прозорою і доступною.

3. Дохід. Цей алгоритм можна використовувати у два способи : продавати програму як таку, дозволяючи користуватися безпосередньо агрофірмі, або продавати послугу прогнозування врожайності і працювати з агрофірмою дистанційно. Перший спосіб є більш прибутковим, оскільки

продаються безпосередньо права на користування, проте другим способом є більш безпечним з точки зору авторських прав.

4. Ресурси. Мінімальні, оскільки написання алгоритму потребує тільки відкритих програм, а підтримка та розвиток програми за допомогою Інтернету значно спрощує процес оновлення. Очевидною стає сильна сторона програми – вона не потребує зовнішніх даних, а усі космічні знімки, які потрібні для її використання, є у вільному доступі.

Згідно з факторами бізнес-моделі та аналізу алгоритму, можна виділити переваги та недоліки даного алгоритму:

Переваги: проста у використанні, наочність, відсутність у необхідності спеціальних знань для проведення алгоритму, врахування зовнішнього середовища під час прогнозування, відсутність спеціальних даних, які треба визначати польовим методом, економічність у використанні.

Недоліки: відсутність фінансування та реклами, неврахування ситуаційних агрокліматичних явищ, потреба у попередній інформації (з базового року), неврахування флористичних особливостей кожної сільськогосподарської культури.

Отже, втілення даного проекту у життя є фінансово-ефективним, проте має певні ризики. Відсутність фінансування, реклами проекту, недоліки алгоритму, а також збільшення конкуренції ринку у ближньому майбутньому разом з розвитком технологій ДЗЗ є стримуючими факторами для розвитку і фінансового успіху проекту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Антонов В.Н. Мониторинг состояния посевов и прогнозирование урожайности яровой пшеницы по данным ДЗЗ / В.Н. Антонов/Геоматика : сб.науч. ст. – Новосибирск, 2015. - № 12. – С. 50-54
2. Ботков В.Н. Математические методы в прогнозировании урожайности/ В.Н.Ботков, Р.Г. Кашилин// Современная агрономия. - Минск: Высшая школа 2012. - № 5. – С.79-84.
3. Ботков В.Н. Прогнозирование урожайности/ В.Н. Ботков. – Минск: Высшая школа, 2011. – 241 с.
4. Брискин В.М. «Прогнозирование урожайности зерновых культур на основе данных дистанционного зондирования и моделирования биопродуктивности» / В.М. Брискин, А.В. Евтушин// Известия Алтайского государственного университета: сб. науч. ст. – Барнаул: Алтайский государственный университет, 2010. - № 1-2. С. 19-38
5. Казанцев Г.М. Основы агрономии / Г.М. Казанцев. – К.: Просвіта, 2011. – 241с.
6. Кусуль Н.А. Регрессионные модели оценки урожайности сельскохозяйственных культур по данным MODIS / Н.А. Кусуль//Современные технологии ДЗЗ: сб. науч. ст. – Хабаровск, 2014. – № 12. – С. 31-38.
7. Остервальдер А. Построение бизнес-модели /А.Остервальдер. И. Пинье. – М., 2010. – 351 с.
8. Черепанов А.С. Вегетационные индексы / А.С. Черепанов // Геоматика: сб.науч. ст. – Новосибирск, 2015. № 12. С.91- 99.
9. Salehi B. Object-Based Classification of Urban Areas Using VHR Imagery and Height Points Ancillary Data / B.Salehi, Y. Zhang // Remote sensing. – Washington, 2012. – P. 31-48